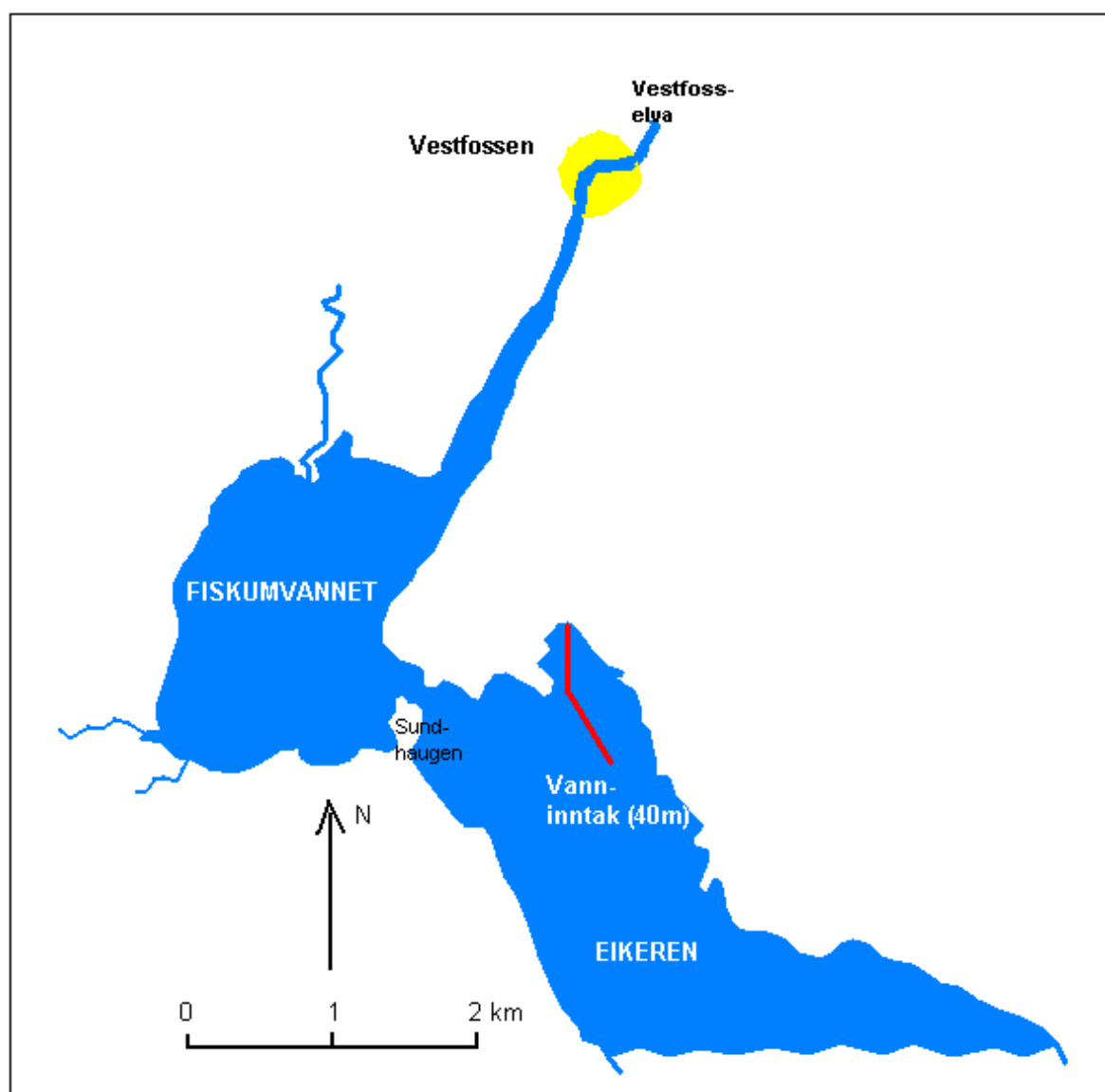




Rapport 4505-2002  
Eikeren som ny drikkevannskilde for Vestfold  
og Nedre Buskerud

**Økt tilbakerenning fra Fiskumvannet -  
betydning for vannkvalitet i Eikeren og for  
Øvre Eiker Vannverk**



**Hovedkontor**

Postboks 173, Kjelsås  
0411 Oslo  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 22 18 52 00  
Internet: www.niva.no

**Sørlandsavdelingen**

Televeien 3  
4879 Grimstad  
Telefon (47) 37 29 50 55  
Telefax (47) 37 04 45 13

**Østlandsavdelingen**

Sandvikaveien 41  
2312 Ottestad  
Telefon (47) 62 57 64 00  
Telefax (47) 62 57 66 53

**Vestlandsavdelingen**

Nordnesboder 5  
5008 Bergen  
Telefon (47) 55 30 22 50  
Telefax (47) 55 30 22 51

**Akvaplan-NIVA A/S**

9015 Tromsø  
Telefon (47) 77 68 52 80  
Telefax (47) 77 68 05 09

Tittel <b>Eikeren som ny drikkevannskilde for Vestfold og Nedre Buskerud</b>  <b>Økt tilbakerenning fra Fiskumvannet - betydning for vannkvalitet i Eikeren og for Øvre Eiker Vannverk</b>	Løpenr. (for bestilling) 4505-2002	Dato 06/03-2002
	Prosjektnr. Undernr. O-211652	Sider Pris 26
Forfatter(e)  Dag Berge og Torulv Tjomsland	Fagområde Hydrologi	Distribusjon Fri
	Geografisk område Vestfold	Trykket NIVA
Oppdragsgiver(e) Vestfold Interkommunale Vannverk (VIV)		Oppdragsreferanse Sverre Mollatt
<p>Sammendrag</p> <p>Utbygging av Eikeren som ny vannkilde for Vestfold Interkommunale Vannverk (VIV) vil føre til et uttak av vann varierende fra 200 l/s til 1200 l/s direkte fra Eikeren. Inkluderes dagens uttak til Øvre Eiker kommune blir drikkevannsutaket på 1232 l/s. Inkluderes også uttak til nedre Buskerud, blir det totale uttak 2432 l/s. Fiskumvannet vil få mindre gjennomstrømning av fortynnende Eikervann. Maksimalt uttak til VIV (1200 l/s) vil medføre at fosforkonsentrasjonen i Fiskumvannet økes kun med ca 0,2 µgP/l. Vannkvaliteten i Fiskumvannet vil således ikke endres merkbart. Inkluderes også uttaket til nedre Buskerud øker fosforkonsentrasjonen fra 6,2 til 6,8 µg P/l. Dette vil medføre at konsentrasjonen av alger målt som klorofyll-a, vil øke fra 1,7 til 1,92 µg/l. Dette vil medføre at siktedypet i innsjøen vil gå ned fra 7,7 m til 7,2 m. Fortsatt vil vannkvaliteten i Fiskumvannet ligge innenfor SFT's beste vannkvalitetsklasse. Periodene hvor det kan forekomme tilbakestrømning av vann fra Fiskumvannet til Eikeren vil øke med 6 dager per år (fra 19 dager i dag til 25) hvis man regner et jevnt uttak på 1200 l/s hele året, og med 21 dager (til 40 dager per år) hvis nedre Buskerud også skal forsynes fra Eikeren. Dette vil medføre en økt fosforkonsentrasjon i Eikeren på ca hhv. 0,03 og 0,06 µgP/l, noe som er så lite at det ikke er merkbart. Strøm og spredningssimuleringer viste at selv om det teoretisk ble ført inn sterkt bakterieforurensset overflatevann fra Fiskumvannet over sundet og inn i Eikeren, ville ikke fullt uttak til VIV kunne resultere i forurensning av drikkevannsinntaket til Øvre Eiker. Økt vannverksinntak til 2432 l/s vil heller ikke endre den bakteriologiske vannkvaliteten i drikkevannet til Øvre Eiker vannverk i målbar grad. Selv under ekstremt ugunstige vind og temperaturforhold er det lite sannsynlig at bakterier fra Fiskumvatnet vil påvirke vanninntaket i nevneverdig grad.</p>		
Fire norske emneord  1. Drikkevannsforsyning 2. Vannkvalitet 3. Strøm og spredning 4. Eikeren		Fire engelske emneord  1. Drinking water supply 2. Water quality 3. Current and distribution 4. Lake Eikeren

*Dag Berge*

Prosjektleder

*Dag Berge*

Forskningsleder

*Nils Roar Sælthun*

Forskningssjef

ISBN 82-577-4156-6

Norsk institutt for vannforskning  
Oslo

O-211652

**Eikeren som ny drikkevannskilde for Vestfold og Nedre Buskerud**

**Økt tilbakerenning fra Fiskumvannet  
Betydning for vannkvalitet i Eikeren og for Øvre  
Eiker Vannverk**

Oslo 06.03-2002

Prosjektleder:

Dag Berge

Medarbeider:

Torulv Tjomsland



## ***Forord***

*Undersøkelsen er en del av KU-utredningene i forbindelse med utbygging av Eikeren som ny vannkilde for Vestfold Interkommunale Vannverk (VIV) og for nedre Buskerud (Glitrevannverket). Undersøkelsen ble kontraktsfestet i mai 2001. Oppdragsgivers kontaktpersoner har vært VIV-direktør Sverre Mollatt og sivilarkitekt Harald Schulze.*

*Beregningene av hvordan økt tilbakestrømning av vann fra Fiskumvannet vil påvirke den generelle vannkvaliteten i Eikeren er utført av Dag Berge (Limnolog). Han har også beregnet hva det betyr for Fiskumvannet at gjennomstrømningen med klart Eikeren-vann blir redusert. Modellsimuleringene av hvorvidt bakterieforurensset overflatevann fra Fiskumvannet kan komme til å forurensse vanninntaket til Øvre Eiker, er utført av Torulv Tjomsland, NIVA (Hydrolog). Dag Berge har vært prosjektleder for undersøkelsen, og sammenstilt resultatene til rapport.*

Oslo 06.03.2002

*Dag Berge  
Prosjektleder*

## **Innholdsfortegnelse**

<b>0. Konkluderende sammendrag</b>	<b>7</b>
<b>1. Innledning</b>	<b>8</b>
<b>2. Hvordan drikkevannsuttaget vil påvirke vannkvaliteten i Fiskumvannet</b>	<b>10</b>
<b>3. Hvordan økt tilbakestrømning av vann fra Fiskumvannet vil påvirke den generelle vannkvalitet i Eikeren</b>	<b>12</b>
<b>4. Innvirkning på drikkevannsinntaket til Øvre Eiker</b>	<b>13</b>
4.1 Simuleringer	13
4.2 Diskusjon	14
4.3 Konklusjon:	15
<b>5. Litteratur</b>	<b>26</b>

## 0. Konkluderende sammendrag

Utbygging av Eikeren som ny vannkilde for Vestfold Interkommunale Vannverk (VIV) vil føre til et uttak av vann varierende fra 200 l/s til 1200 l/s direkte fra Eikeren. Hvis nedre Buskerud også skal forsynes fra Eikeren vil dette tilsvare et uttak på samme størrelsesorden som VIV, altså 1200 l/s. Øvre Eiker kommunes uttak er i dag ca 32 l/s. Det totale uttak av drikkevann fra Eikeren kan derfor komme opp i 2432 l/s. Dette vil føre til at Fiskumvannet vil få mindre gjennomstrømning av fortynnende Eikerenvann.

Både Eikeren og Fiskumvannet har i dag beste vannkvalitet (Klasse I) i henhold til SFTs vannkvalitetskriterier mht fosfor, algemengde. Maksimalt uttak av drikkevann fra Eikeren til VIV (1200 l/s) vil medføre at fosforkonsentrasjonen i Fiskumvannet økes kun med ca 0,2 µgP/l (fra 6,2-6,4 µgP/l). Vannkvaliteten i Fiskumvannet vil således ikke endres merkbart. Inkluderes uttak til Nedre Buskerud og Øvre Eiker (samlet totalt uttak på 2432 l/s) vil fosforkonsentrasjonen i Fiskumvannet øke med 0,4 µgP/l (til 6,8 µgP/l), algemengden vil øke med 13% til 1,92 µg Kl/l, og siktedypet vil reduseres med en halv meter. Endringen vil fortsatt bli liten, men merkbar på siktedypet. Vannkvaliteten i Fiskumvatnet vil fortsatt ligge innenfor SFT's beste vannkvalitetsklasse (Klasse 1, Meget god).

I dag forekommer tilbakestrømning av vann fra Fiskumvannet til Eikeren ca 19 dager per år. Dette vil øke med 6 dager til 25 dager per år hvis man regner et jevnt uttak på 1200 l/s hele året. Dette vil medføre en økt fosforkonsentrasjon i Eikeren på ca 0,03 µgP/l, noe som er så lite at det ikke er merkbart. Hvis det tas ut 2432 l/s, vil det skje tilbakestrømning i ca 40 dager. Dette vil resultere i at fosforkonsentrasjonen i Eikeren øker med ca 0,06 µg P/l (til 4,96 µgP/l). Heller ikke dette vil gi merkbar vannkvalitetsforringelse i Eikeren (fortsatt klasse I).

Strøm og spredningssimuleringer viste at selv om det teoretisk ble ført inn sterkt bakterieforurenset overflatevann fra Fiskumvannet over sundet og inn i Eikeren, ville ikke dette kunne forurense drikkevannsinntaket til Øvre Eiker. Forurensningen ville ikke kunne komme så dypt ned som vanninntaket på 40 m før bakteriene enten var døde eller sedimentert ut eller så kraftig fortynnet at de konsentrasjonsmessig ikke kan observeres, selv i perioder med usjiktet vannmasse.

Økt vannverksinntak til 2400 l/s vil ikke endre den bakteriologiske vannkvaliteten i drikkevannet til Øvre Eiker vannverk i målbar grad. Det er forøvrig lite sannsynlig at bakterier fra Fiskumvatnet vil påvirke vanninntaket i nevneverdig grad selv under ekstremt ugunstige vind og temperaturforhold.

# 1. Innledning

Uttak av drikkevann fra Eikeren vil øke periodene med tilbakestrømming av vann fra Fiskumvannet. I tillegg vil Fiskumvannet bli mindre fortynnet av gjennomstrømning med Eikerenvann. Fiskumvannet vil bli mer preget av tilførslene fra sitt eget nedbørfelt. Fiskumvannet vil da bli noe mer næringsrikt. Det vannet som periodevis strømmer inn i Eikeren vil som følge av dette være mer forurenset enn det som periodevis strømmer inn i Eikeren i dag.

Inntaket til Øvre Eiker Vannverk ligger ut for bukta øst for utløpet av Eikeren, se Figur 1.1. En kan tenke seg at tilbakestrømming av mer forurenset vann fra Fiskumvannet vil kunne påvirke dette vanninntaket, som forøvrig ligger på 40 m's dyp.

I dag er vannkvaliteten i Fiskumvannet styrt av gjennomstrømningen av rent Eikerenvann. VIV's (Vestfold interkommunale vannverk) uttak av vann fra Eikeren vil resultere i at Fiskumvannet blir mindre fortynnet og blir mer påvirket av tilførslene fra sitt eget lokale nedbørfelt. Hvis Nedre Buskerud også skal ta vann fra Eikeren blir disse effektene enda større. Det er særlig eutrofisituasjonen som vil kunne bli forverret. Det er gjort en enkel beregning ved hjelp av fosforbelastningsmodeller på hvor mye fosforkonsentrasjon og algeomengden vil øke ved uttak av drikkevann fra Eikeren.

Det er likeledes gjort en modellberegning av hvordan den nye situasjonen innvirker på eutrofisituasjonen i Eikeren, dvs. hvor mye fosfor og alger det blir. Eikerens gjennomstrømning vil øke. Fiskumvannet vil komme inn som en økt kilde både mht vanntilførsel og næringssalttilførsel. Hvorvidt dette vil bidra til mer eller mindre algevekst i Eikeren, vil avhenge av hvordan fosforkonsentrasjonen i det innstrømmende Fiskumvann er i forhold til konsentrasjonen i de andre kildene (elver, bekker og diffusavrenning). Dette er belyst gjennom en enkel modellberegning.

En kan tenke seg enkelte episoder hvor særlig bakterieforurenset overflatevann fra Fiskumvannet kan komme inn i nordre del av Eikeren. For å finne ut om dette kan forurense drikkevannsinntaket til Øvre Eiker Vannverk, er det kjørt modellsimuleringer ved bruk av en matematisk strøm og spredningsmodell.





Figur 1.1 Nordre del av Eikeren og Fiskumvannet (kartgrunnlag Maponweb)

## 2. Hvordan drikkevannsuttaget vil påvirke vannkvaliteten i Fiskumvannet

Fiskumvannet er sterkt påvirket av gjennomstrømning med vann fra Eikeren. Det vil si at uttaket av drikkevann fra Eikeren vil kunne redusere gjennomstrømningen og dermed gjøre at Fiskumvannet blir mer påvirket av tilførslene fra sitt eget nedbørfelt. Det er ikke gjort noen særlige kvalitetsundersøkelser på vannet som kommer fra Fiskumvannets lokale nedbørfelt, men det er antatt at dette er mer næringsrikt enn vann fra Eikeren. Teoretisk sett kan det derfor tenkes at Fiskumvannet kan bli noe mer næringsrikt. Siden tilbakestrømningen av vann fra Fiskumvannet vil øke (fra 19 dager til 25 dager ved maks uttak fra VIV, og til 40 dager hvis nedre Buskerud også skal forsynes fra Eikeren, Sælthun 2002), vil dette igjen kunne påvirke vannkvaliteten i nordre enden av Eikeren (se neste kapittel).

Vi gjør her en i verste fall analyse, det vil si at VIV tar ut  $1.2 \text{ m}^3/\text{s}$  fra Eikeren hele året, tilsvarende et årlig uttak på  $37,8 \times 10^6 \text{ m}^3$ . Nedre Buskerud regnes å ta ut det samme, altså  $1.2 \text{ m}^3/\text{s}$ , mens Øvre Eiker beregnes et jevnt uttak på  $0.032 \text{ m}^3/\text{s}$ . Samlet maks uttak blir da 2432 l/s.

Vi beregner effekten av maks uttak til Vestfold først. Vanntilførselen til Fiskumvannet vil reduseres fra  $324 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{år}$  til  $286.2 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{år}$ . Oppholdstiden på vannet i Fiskumvannet vil øke fra dagens 20.3 dager til 22.9 dager. Dette er typiske verdier for såkalte gjennomstrømningssjøer. Dvs Fiskumvannet har god vannfornyelse selv med fullt uttak fra Eikeren. Til sammenlikning kan nevnes at oppholdstiden for vannet i Eikeren er ca 11 år.

Det er ikke gjort noen kartlegging av fosfortilførslene fra Fiskumvannet lokale nedbørfelt. Dette beregnes derfor teoretisk. Det er naturlig å ta utgangspunkt i fosforkonsentrasjonene i Eikeren og Fiskumvannet funnet ved den oppdaterende undersøkelsen (Berge og Tjomsland 1999) hvor det ble funnet  $4.8 \text{ µgP/l}$  i Eikeren og  $3.8 \text{ µgP/l}$  i Fiskumvannet. Det virker imidlertid litt rart at man fant mindre fosfor i Fiskumvannet enn i Eikeren. Dette beror trolig på analysefeil, eller systematiske avvik mellom de 2 laboratorier som ble benyttet. Nivåene for total fosfor ligger nær metodens deteksjonsgrense, og det knytter seg derfor en del usikkerhet til disse verdiene. Dessuten var det bare 5 målinger i Fiskumvannet, samt at det ble benyttet 2 forskjellige laboratorier. Det man kan si er at middelverdiene fra begge innsjøene er lave. Begge disse verdiene er innenfor SFT's beste vannkvalitetsklasse. De tilhørende algemengdene var også svært lave for begge innsjøene, også disse innenfor SFT's beste vannkvalitetsklasse.  $3.8 \text{ µgP/l}$  som midlere fosforkonsentrasjon i Fiskumvannet er trolig noe for lavt i forhold til hva man hadde fått om man hadde tatt prøver over ett helt år. Det er utvilsomt fosforkonsentrasjonen som styrer algemengden i vassdraget (Berge 1999). Når man da fant at det var mer alger i Fiskumvannet enn i Eikeren, og at siktedypet var mindre i Fiskumvannet enn i Eikeren, er dette en indikasjon på at den funne fosforkonsentrasjon i Fiskumvannet virkelig er for lav. Tidligere undersøkelser viser alle at det var mer fosfor i Fiskumvannet enn i Eikeren (kfr Berge 1980).

I det videre arbeid beregnes derfor fosforkonsentrasjonen i de to innsjøene ut fra algemengden gitt som klorofyll a konsentrasjon. Klorofyll er en mye sikrere analyse ved disse lave konsentrasjonene. Vi benytter da RBJ-modellen (Rognerud og medarb. 1979) og får da at fosforkonsentrasjonen i Eikeren er  $4.9 \text{ µgP/l}$  og  $6.2 \text{ µgP/l}$  i Fiskumvannet. Denne forskjellen i fosforkonsentrasjon rimer også godt med forskjellen innsjøene imellom når det gjelder siktedyp og generell oppfatning av trofinivå.

Fiskumvannet er en relativt grunn innsjø. Vi bruker da FOSRES-modellen (Berge 1987) slik den er tatt inn i SFT's veileder om miljømål for vannressursene (Bratli 1995). Med  $6.2 \text{ µgP/l}$  blir da den beregnede forførselen til Fiskumvannet 2900 kg P/år. Fra Eikeren kommer  $4.9 \text{ µgP/l}$  multiplisert

med vannføringen fra Eikeren = 1100 kg P/år. Fra Fiskumvannets lokalfelt kommer da differensen, 1800 kgP/år.

Ved uttak av 1.2 m<sup>3</sup>/s til VIV fra Eikeren blir fosfortilførselen til Fiskumvannet redusert med 185 kg P/år. Ny totaltilførsel av P til Fiskumvatnet blir da 2715 kgP/år. Setter vi denne nye P-belastningen, samt den nye oppholdstiden funnet over (22.9 dager) inn i FOSRES-modellen, kan det beregnes at ny midlere fosforkonsentrasjon i Fiskumvannet blir 6.4 µgP/l.

Med et uttak på 1.2 m<sup>3</sup>/s over hele året økes fosforkonsentrasjonen i Fiskumvannet fra 6.2 til 6.4 µgP/l, dvs en endring på 3%. Algemengden går opp fra 1.7 til 1.75 µg Kla/l. Sikten i vannet reduseres med 14 cm. Disse endringene er så små at de vil ikke merkes. Vannkvaliteten vil fortsatt ligge innenfor SFT's beste vannkvalitetsklasse både mht forfor og algemengde. Ved et uttak på 200 l/s blir endingene tilsvarende mindre; dvs fosforkonsentrasjonen vil øke med 0.03 µgP/l, mens algemengden vil øke med 0.008 µg Kla/l.

Gjøres tilsvarende beregninger for et uttak på 2432 l/s (forsyne Øvre Eiker, hele VIV, samt Nedre Buskerud) får man at fosforkonsentrasjonen i Fiskumvatn øker til 6.8 µg P/l, algemengden øker til 1.92 µg Kla/l. Beregnet siktedyp vil reduseres fra 7.7 m til 7.2 m i forhold til dagens situasjon (50 cm =13 %).

Beregningene viser at om VIV totale behov for drikkevann tas fra Eikeren hele året (1200 l/s) vil dette ikke medføre merkbar vannkvalitetsforringelse i Fiskumvatn. Hvis nedre Buskerud også skal forsynes, vil endringen bli merkbar, men fortsatt svært liten, og vannkvaliteten vil fortsatt ligge innen for SFT's beste vannkvalitetsklasse (klasse 1 Meget god).

### **3. Hvordan økt tilbakestrømning av vann fra Fiskumvannet vil påvirke den generelle vannkvalitet i Eikeren**

I det forestående avsnitt ble det beregnet hvordan uttaket av drikkevann fra Eikeren ville påvirke vannkvaliteten i Fiskumvannet mht virkningstypen eutrofiering (overgjødning).

I dag skjer det tilbakestrømning over sundet mellom Eikeren og Fiskumvatn 5% av tiden, tilsvarende 19 dager. Dette skjer i perioder hvor det er snøsmelting eller kraftig regnvær, og samtidig ikke tappes fra Hakavika og Bergsvatn. Det er beregnet at denne tilbakestrømningen tilsvarer et volum på 10 millioner kubikkmeter vann per år. Med et drikkevannsuttak på 1.2 m<sup>3</sup>/s vil tilbakestrømningen øke til 7.5% av tiden = 25 dager, dvs det vil skje tilbakestrømning 6 dager mer enn tidligere, tilsvarende et økt tilbakestrømningsvolum på 4 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/år. Årlig vanntilførsel øker til øker til 230 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>, og ny teoretisk oppholdstid blir 10.5 år. Multiplisert med den nye teoretiske fosforkonsentrasjonen i Fiskumvannet på 6.4 µgP/l gir dette en ekstra fosfortilførsel til Eikeren på 25.6 kg P per år. Setter vi disse nye verdiene inn i RBJ modellen (Rognerud et al 1979) fås det at fosforkonsentrasjonen i Eikeren øker med 0.03 µgP/l. Denne lille økningen i fosforkonsentrasjon vil ikke kunne merkes i form av nedsatt vannkvalitet.

Beregningene viser at selv med maksimalt uttak til Vestfold hele året vil ikke den økte tilbakestrømningen av vann fra Fiskumvannet gi merkbar vannkvalitetsendring i Eikeren.

Hvis man skal forsyne Øvre Eiker, VIV og Nedre Buskerud fullt ut med vann fra Eikeren vil uttaket bli 2432 l/s. Antall dager med tilbakestrømning over sundet vil da øke fra ca 19 i dag til ca 40 dager. Gjøres samme beregningen som over fås at fosforkonsentrasjonen i Eikeren vil øke med kun 0.06 µgP/l. Heller ikke dette vil gi merkbar vannkvalitetsforringelse i Eikeren.

Ved forrige rapport hadde vi bare beregnet hvor mange dager mer det ble med tilbakestrømning. Volumet i tilbakestrømningen regnet vi ved å multiplisere med middelvannføring. I denne utgaven har vi beregnet volumet av tilbakestrømmet vann ved dynamisk modellsimulering. Det viste seg at forrige beregningsmåte gav en overestimert tilbakestrømning. Effekten av tilbakestrømningen på Eikerens vannkvalitet blir altså mindre enn beregnet tidligere.

## 4. Innvirkning på drikkevannsinntaket til Øvre Eiker

Drikkevannsinntaket til Øvre Eiker vannverk er plassert i nordenden av Eikeren på 40 meters dyp, se Figur 1.1. Vi ønsket å finne i hvilken grad vannkvaliteten til drikkevannet blir påvirket av økt inntak og hvordan vann fra Fiskumvatnet, som i perioder strømmer inn i Eikeren, kunne forventes å påvirke dette drikkevannsinntaket. Avstanden fra sundet mellom de to innsjøene til vanninntaket er ca 1.5 km.

### 4.1 Simuleringer

Ved bruk av matematiske strøm- og spredningsmodeller (Tjomsland 1982) har vi simulert karakteristiske strømforhold etter ett døgn med stabil vind av typiske retninger og ved vindstille forhold hvor kun tilløp- og utløpsvannføringene driver strømmene. For hver strømsituasjon ble vannet i sundet mellom de to innsjøene i modellen gitt en "teoretisk bakteriekonsentrasjon" på 1000 termotolerante koliforme bakterier pr. 100 ml. Ifølge SFTs klassifisering av miljøkvalitet tilsvarer dette egnethetsklasse 4: ikke egnet som råvann til drikkevann ved enkel vannbehandling. I følge den samme klassifiseringen er vannet godt egnet til drikkevann ved konsentrasjoner under 5 bakt. pr. 100 ml. Disse ytterlighetene er merket med henholdsvis rød og blå farge på kartene.

Simuleringene viser hvordan bakterieholdig vann fra Fiskumvatnet spres i Eikeren og også hvordan vann fra Eikeren fordeles i Fiskumvatnet. Bakteriene antas å dø med en halveringstid på under ett døgn, slik at hvert av de simulerte kartene representerer en likevektssituasjon/maksimum utstrekning. Vi understreker at de reelle bakteriekonsentrasjonene i Fiskumvatnet er langt lavere enn utgangspunktet for simuleringene. Vanlige konsentrasjoner i dette sundet i dag vil være fra 0-10 bakt. per 100 ml. Simuleringene er ment å vise verst tenkelige situasjoner. Vi antar at det tas ut 2400 l/s til drikkevann. Den største delen av dette vil tas ut lenger syd i Eikeren, men for virkelig å se om uttakspunktet til Øvre Eiker kan påvirkes fra Fiskumvatnet, tenker vi at hele det økte uttaket på 2400 l/s skjer i dette punktet.

Figur 4.1 viser en normal situasjon i vindstille vær. Strømmene blir drevet av et tilløp til Eikeren på 7 m<sup>3</sup>/s, tilløp til Fiskumvatnet på 3 m<sup>3</sup>/s og utløp på 7.6 m<sup>3</sup>/s. D.v.s. en vanntransport gjennom sundet fra Eikeren til Fiskumvatnet på 4.6 m<sup>3</sup>/s. Dette førte ifølge simuleringene til en strøm fra Eikeren til Fiskumvatnet til utløpet i Vestfosselva. Vann ble også "trukket" mot vannverksuttaket (2.4 m<sup>3</sup>/s) i stedet for i større grad å strømme direkte mot Fiskumvatnet.

I en flomsituasjon stiger vannet raskere i Fiskumvatn enn i Eikeren, noe som fører til innstrømning i Eikeren. Figur 4.2 viser en situasjon hvor vannføringen inn i Fiskumvatn ble økt slik at 15 m<sup>3</sup>/s strømmet fra Fiskumvatn til Eikeren. Høye bakteriekonsentrasjoner ble spredt mindre enn en kilometer inn i Eikeren og da kun ned til omlag 15 meters dyp.

Det virker lite sannsynlig at bakterier i vann fra Fiskumvatnet kan påvirke vanninntaket i Eikeren ved vindstille forhold, eller i islagt del av året. De følgende scenariene gjelder i hvilken grad vinden kan

påvirke dette. De vinddrevne strømmene blir langt større. Vær oppmerksom på at strømpilene på de to foregående kartene, som gjaldt for vindstille forhold, er 10 ganger forstørret i forhold til de øvrige.

Vi tar utgangspunkt i normale vannføringsforhold, d.v.s. en netto vanntransport fra Eikeren til Fiskumvatn på  $4.6 \text{ m}^3/\text{s}$ . Figur 4.3 viser forholdene ved konstant vind på  $3 \text{ m/s}$  10 m over innsjøen på langs av Eikeren mot Fiskumvatn (mot 320 gr.). Vannet strømmet da kun fra Eikeren og inn i Fiskumvatn. Økt vindstyrke til  $10 \text{ m/s}$  førte til tilstrekkelig stor innstrømning i overflatelaget (0-3 m) at det oppsto en returstrøm gjennom sundet dypere ned (3-6 m), se Figur 4.4. Bakterier i dette vannet ble spredt i retning av vannverksinntaket uten å trenge dypt nok ned til å påvirke dette i påviselig grad.

Ved vind på langs av Eikeren i motsatt retning på  $3 \text{ m/s}$ , d.v.s. mot 140 grader - fra Fiskumvatnet, ble det kun transportert vann mot vindretningen fra Eikeren til Fiskumvatnet, Figur 4.5. Vinden var ikke tilstrekkelig sterk til å snu den elvedrevne innstrømningen fra Eikeren på  $4.6 \text{ m}^3/\text{s}$ . Ved økt vindstyrke til  $10 \text{ m/s}$  strømmet vannet i overflaten fra Fiskumvatnet inn i Eikeren langs bredden i sørvest, se Figur 4.6 og Figur 4.7.

Vi skal ikke her bruke simuleringene til å nøyaktig påstå hvor sterk vind som trengs for å snu strømmen i overflaten eller skape en returstrøm mot vindretningen i sundet. Men det tyder på at ved tilløp- og utløpsvannføringer nær årsmiddelverdiene vil kun sterke vinder på langs av Eikeren forårsake vanntransport fra Fiskumvatnet til Eikeren.

Vi tenker oss i fortsettelsen at det ikke er noen transport av vann gjennom sundet fra Eikeren til Fiskumvatnet som skyldes elvetilsig. Situasjonen kan tenkes å representere lavvannsperioder, eller mer vannrike forhold med en noe høyere vannstand i Fiskumvatnet. Figur 4.7 – Figur 4.10 viser karakteristiske strøm- og spredningsforhold ved vind i begge retninger på langs og på tvers av Eikeren. I samtlige tilfeller trengte vann fra Fiskumvatnet inn i Eikeren, enten som vinddrevne overflatestrøm eller som en returstrøm dypere ned. I følge simuleringene kan det ikke komme bakterier ned til vannuttaket på 40 meters dyp. Imidlertid medførte vind på tvers av Eikeren mot Vestfossen (mot 50 gr.) og vind på langs av Eikeren mot Fiskumvatnet (mot 320 gr.) moderat påvirkning over vanninntaket ned til 15 meter.

## 4.2 Diskusjon

I følge simuleringene vil bakterier i vann fra Fiskumvatnet ikke påvirke vannuttaket i Eikeren. Slike simuleringer viser selvsagt kun enkelte karakteristiske situasjoner og er også beheftet med en viss usikkerhet. For at vann fra Fiskumvatn skal nå vanninntaket må det transporteres ned til 40 meters dyp. En slik vertikal nedoverrettet transport skjer fortrinnsvis langs land der det er pålandsvind eller langs land til høyre for vindretningen pga jordrotasjonens avbøyende kraft. I området nær vanninntaket skjer dette med vind på langs av innsjøen fra Eikeren mot Fiskumvatn (mot 320 gr.) eller på tvers mot vanninntaket og Vestfossen (mot 50 gr.). Dersom denne nedtrengningen, i motsetning til hva simuleringene viste, likevel skulle nå helt ned til bunnen, ville hastighetene der være meget små, f. eks. noen mm/s, slik at bakteriene overveiende kan forventes å dø før de når vannverksinntaket.

Det vi har beskrevet over gjelder for normale forhold. Det kan imidlertid tenkes spesielle situasjoner hvor vi må regne med at bakterier på overflaten kan blandes med bunnvannet. Dette gjelder i sirkulasjonsperiodene vår og høst da temperaturen i hele innsjøen er meget nær  $4 \text{ gr.C}$ . Muligens kan det også bli stor vertikal vannutskiftning p.g.a. indre bølger i perioder med et sterkt utviklet sprangsjikt om sommeren. I begge disse tilfellene vil bakterier på overflaten bli jevnt blandet i hele dybdeprofilen og dermed sterkt fortennet. Men bare en helt ubetydelig del av disse bakteriene vil kunne komme fra Fiskumvatnet.

Vi har her diskutert generelt i hvilken grad at bakterier fra Fiskumvatn og fra overflatevannet for øvrig kan forventes å nå vannverksinntaket. Det denne rapporten spesielt angår er i hvilken grad økt vannuttak til 2400 l/s påvirker vannkvaliteten. I den forrige uttalelsen (Berge og Tjomsland 1999) gjaldt simuleringene et vannverksinntak på 1200 l/s. Vi utførte de samme simuleringene kun med den forskjell at vannverksinntaket ble økt til 2400 l/s. Simuleringsresultetene ble tilnærmet identiske. Vi skal her gjøre et overslag for å anskueliggjøre vanninntakets påvirkning av strømmene i Eikeren. Hvis vi tenker oss at bunnvannet 75 m fra inntaket "trekkes" horisontalt mot dette fra alle kanter gjennom en vertikal flate på 5 meter, blir strømhastigheten p.g.a. vanninntaket lik  $1 \text{ mm/s} (= 2.4 \text{ m}^3/\text{s} / (2 * 3.14 * 75 \text{ m} * 5 \text{ m}))$ . En slik strømhastighet medfører en transporttid på omkring ett døgn pr. 100 m. Det vil si at bakterier som kommer fra overflaten vil dø før de når inntaket dersom strømmene kun ble drevet av vanninntaket. Hastigheten avtar med økende avstand, sannsynligvis til under  $1/10 \text{ mm/s}$  500 m fra inntaket. Effekten av vannverksinntaket blir meget lite i forhold til vinden som kan sette igang overflatestrømmer av størrelsesorden dm/s over hele innsjøen.

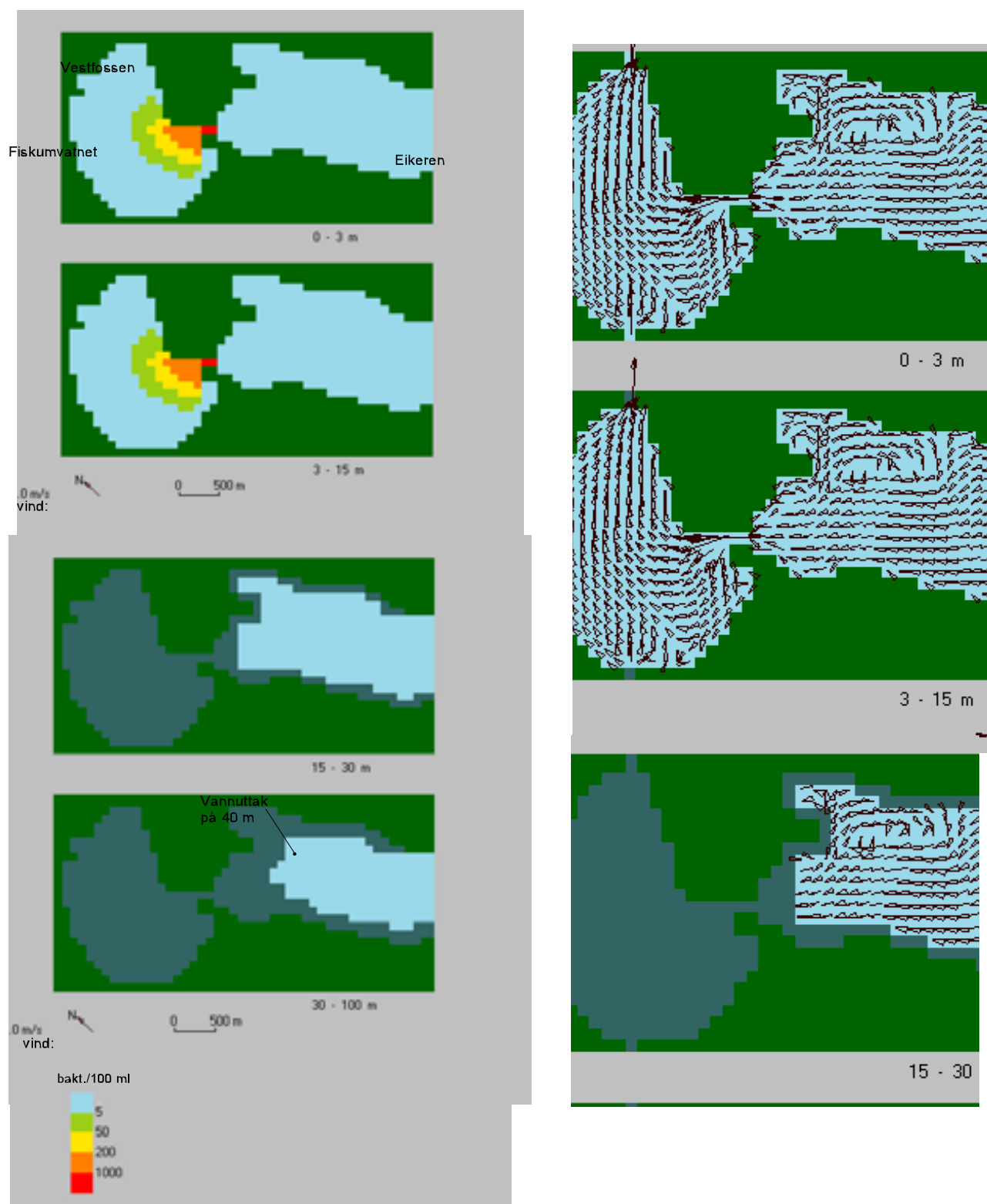
Overslaget sammen med simuleringene anskueliggjør at vanninntaket ikke endrer strømforholdene i Eikeren og vertikal transport av vann fra overflaten til vanninntaket av en størrelse som har betydning for vannkvaliteten til drikkevannet. En indirekte effekt av økt vanninntak er at innstrømningen fra Fiskumvatn forventes å øke fra 19 til 40 dager. Da vannkvaliteten i Fiskumvatn oftest er av dårligere kvalitet vil bakteriekonsentrasjonene i grensesonen mellom innsjøene i slike situasjoner bli høyere. I følge simuleringene utgjorde dette ikke noe problem for vannkvaliteten til drikkevannet.

Simuleringene ble konstruert for å anskueliggjøre uheldige forhold. Det er lite sannsynlig at vindrevne strømmer kan vedvare i ugunstig retning i over ett døgn. Simuleringene er foretatt uten sprangsjikt. Ett sprangsjikt ville ha dannet en barriere mot nedtrengning. Reelle bakteriekonsentrasjoner i Fiskumvatnet er vanligvis under  $1/100$  av hva som ble brukt i simuleringene, likevel ble resultatet ved vanninntaket tilfredsstillende. Dersom bakterier under ekstreme forhold likevel skulle nå vannverksinntaket vil de være meget sterkt fortynnet.

Virkingen av økt vannverksinntak for den bakteriologiske vannkvaliteten i drikkevannet vil neppe være målbar. Dette gjelder både bakterier i vann fra Fiskumvatn og fra Eikern.

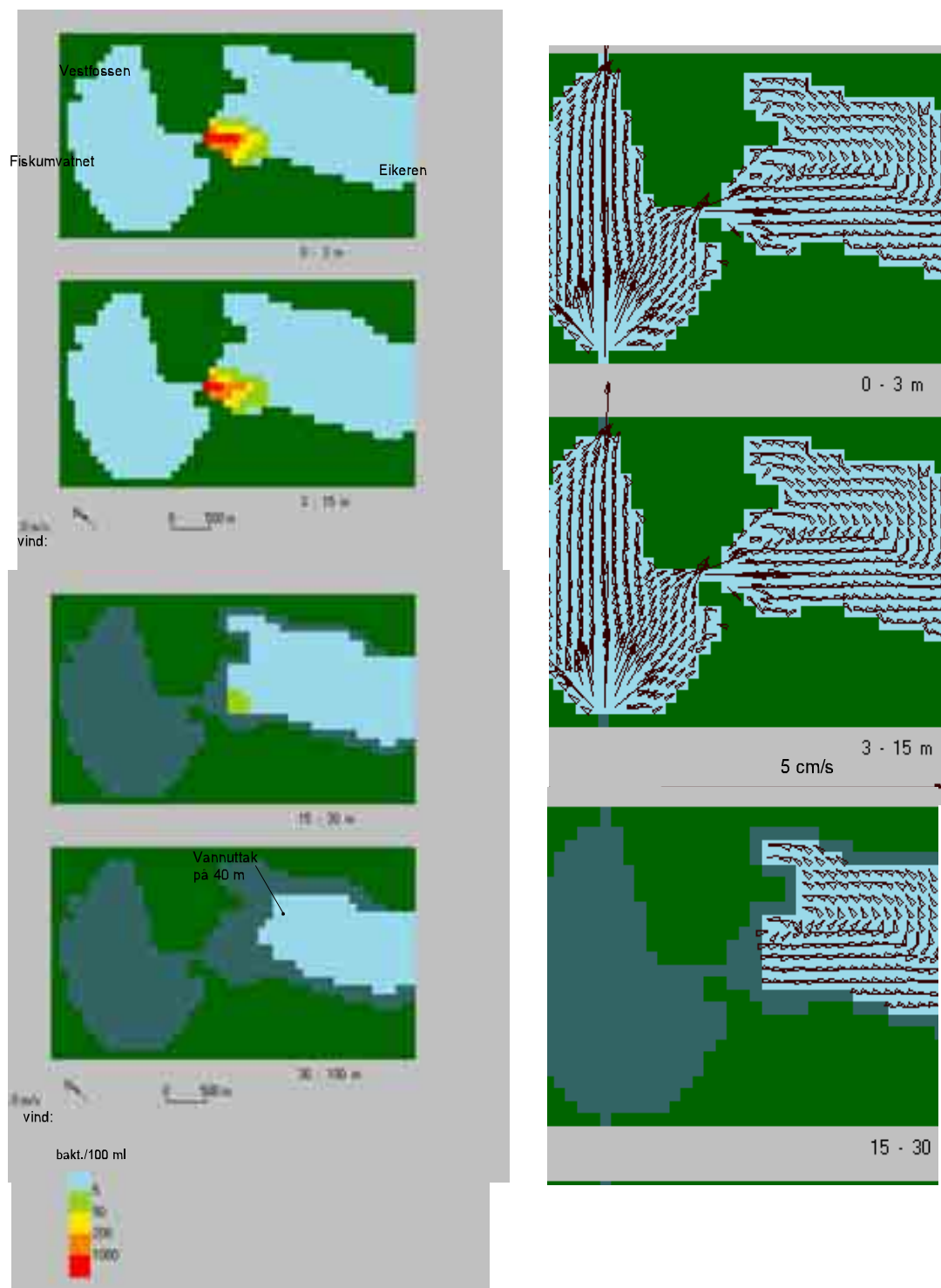
### 4.3 Konklusjon:

Økt vannverksinntak til 2400 l/s vil ikke **endre** den bakteriologiske vannkvaliteten i drikkevannet til Øvre Eiker vannverk i målbar grad. Det er forøvrig lite sannsynlig at bakterier fra Fiskumvatnet vil påvirke vanninntaket i nevneverdig grad selv under ekstremt ugunstige vind og temperaturforhold.

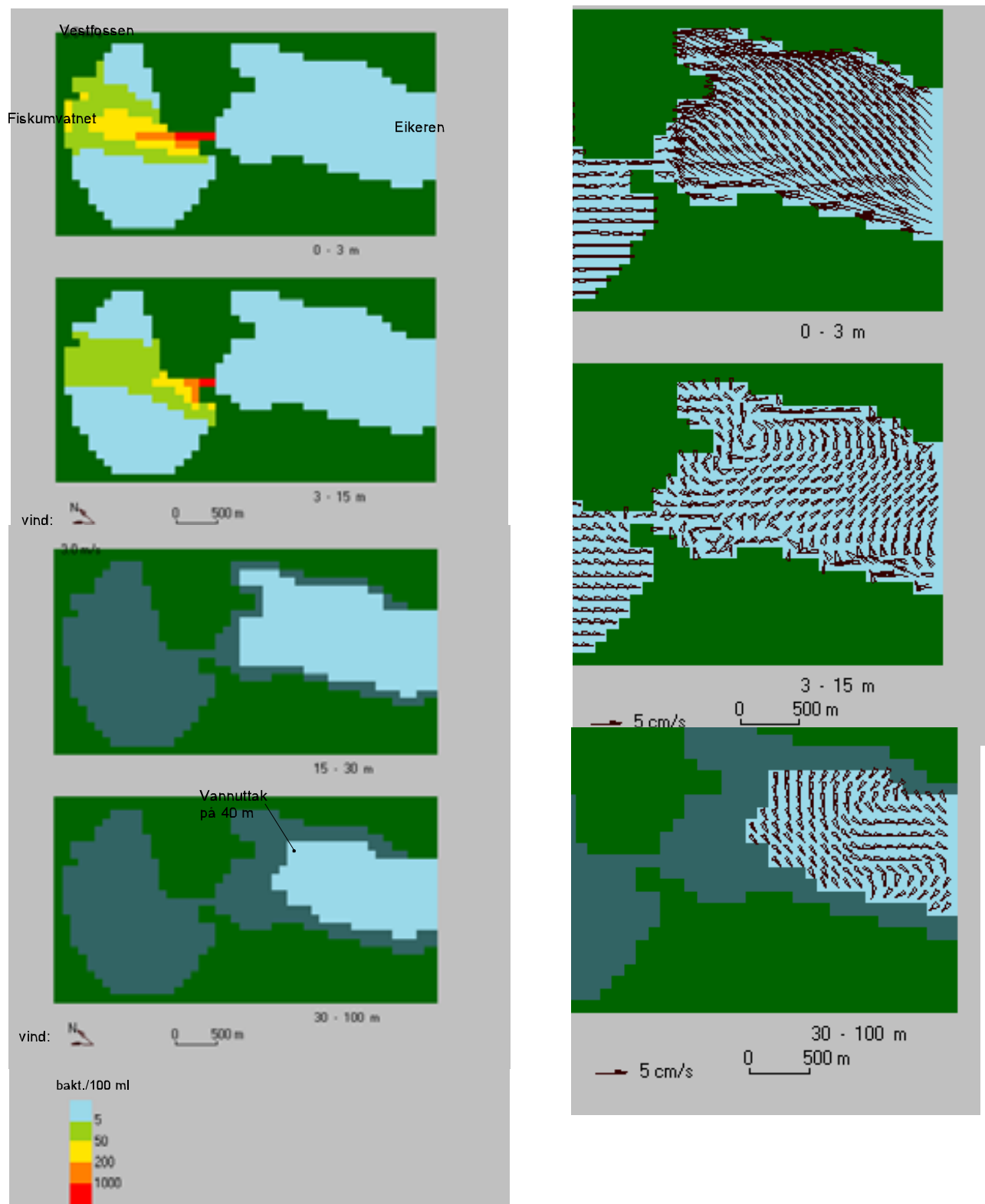


Figur 4.1 I vindstille vær og ved vannføringer nær årsmiddelverdiene strømmet vannet kun fra Eikeren til Fiskumvatnet. Mørke felt indikerer områder som er for grunne for det aktuelle dybdesjikt.

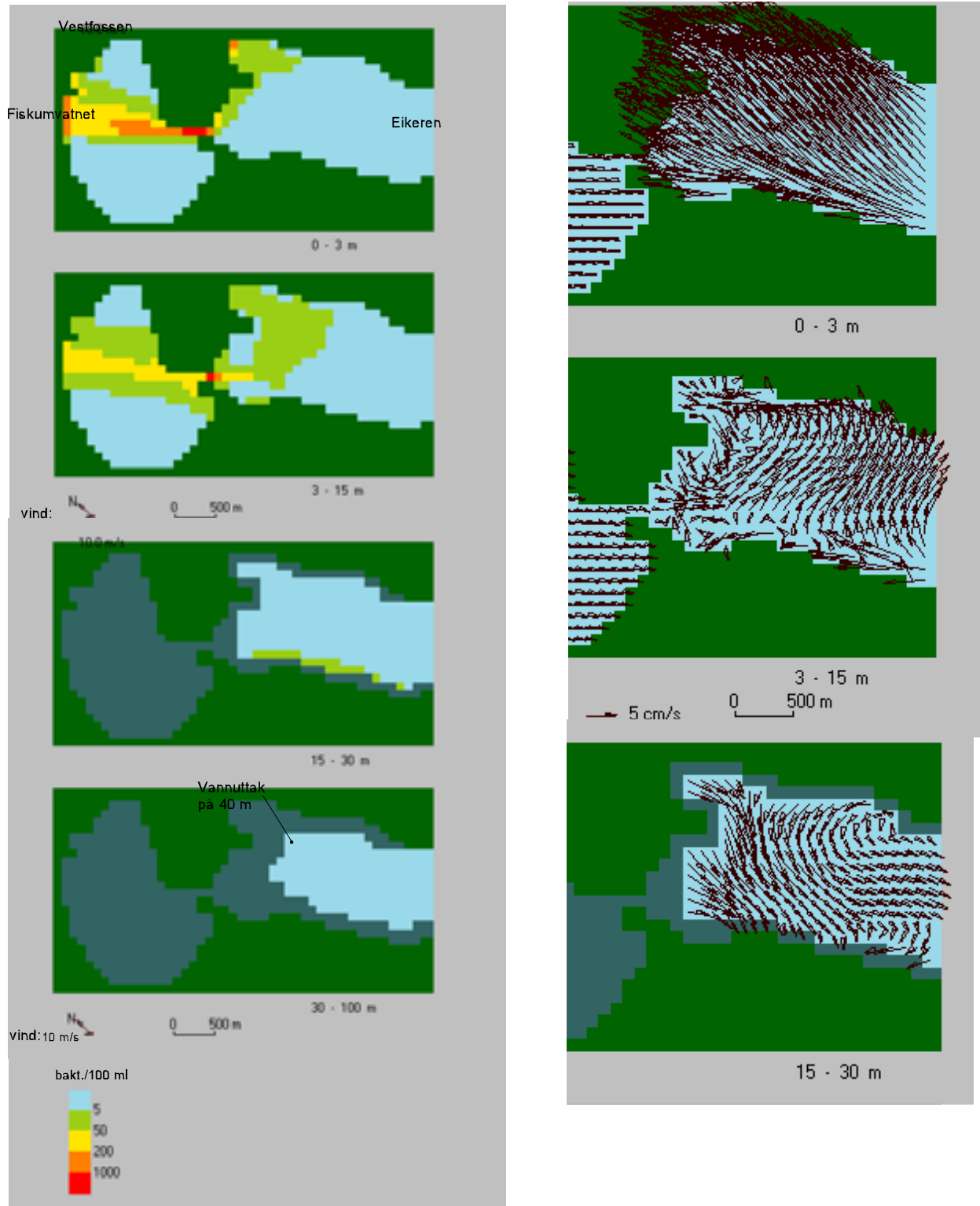




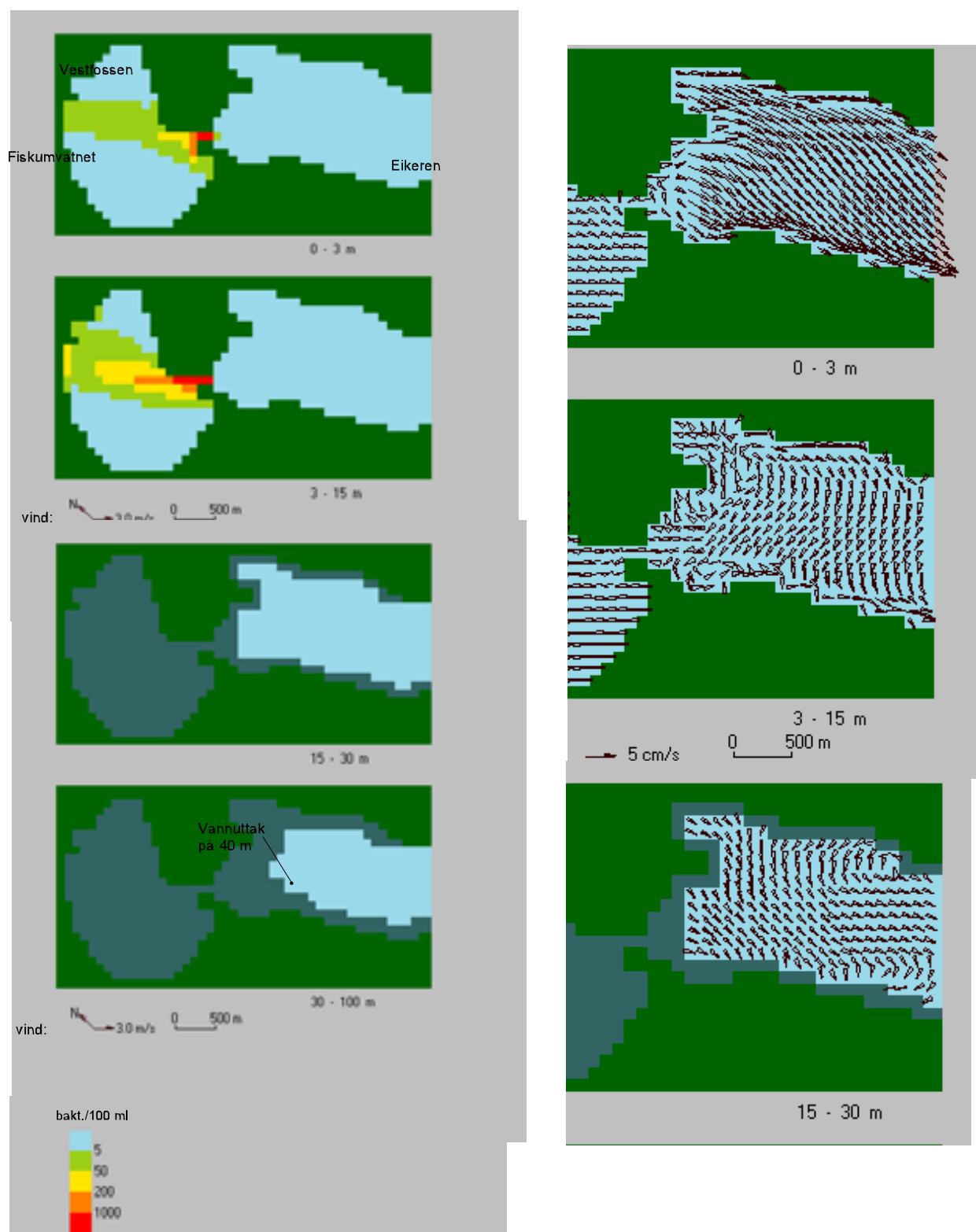
Figur 4.2 I vindstille vær og med høyere vannstand i Fiskumvatnet strømmet vannet inn i Eikeren. Bakterier ble spedt kun til overflatelagene nær sundet. Mørke felt indikerer områder som er for grunne for det aktuelle dybdesjikt.



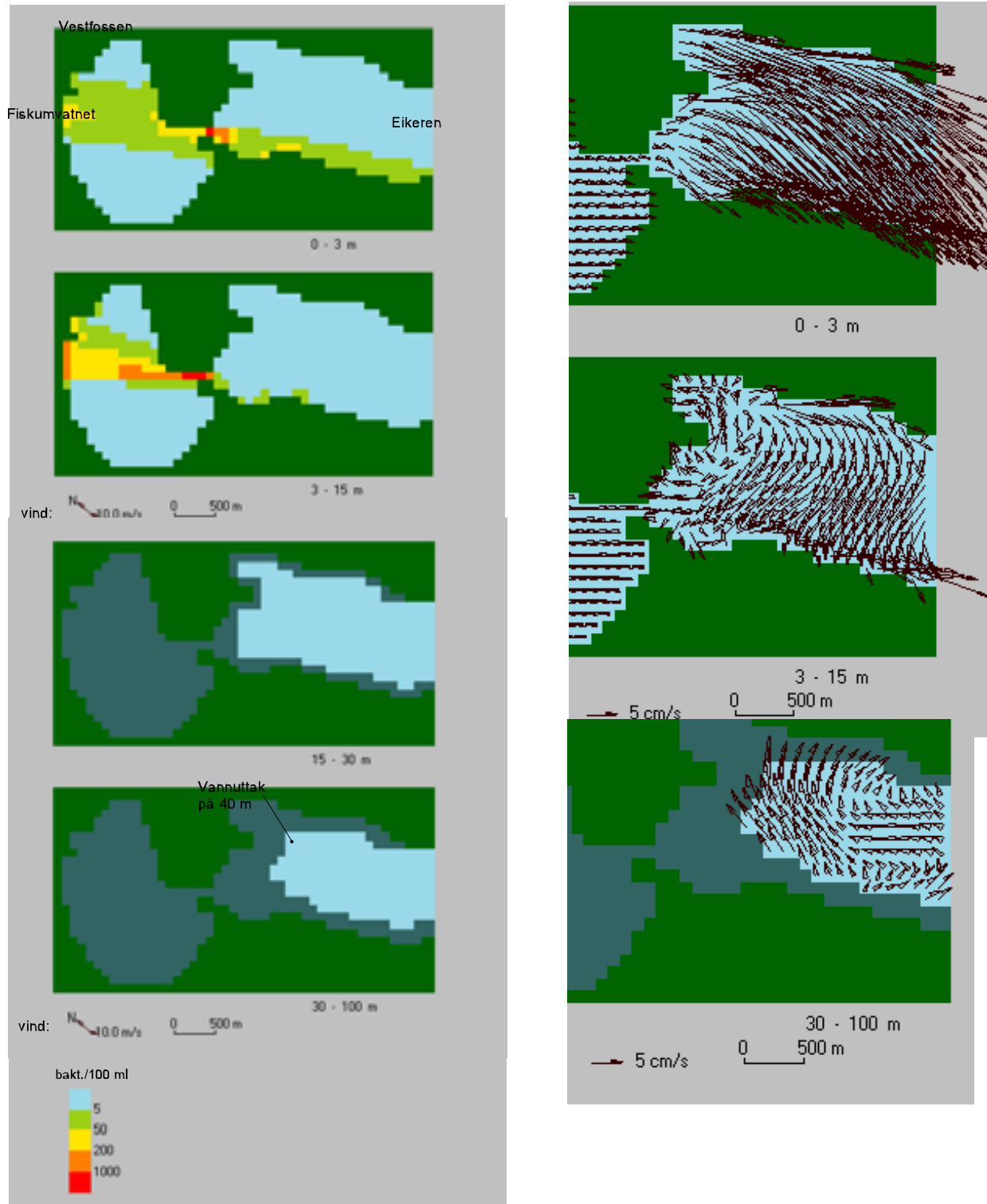
Figur 4.3 Vannføringer nær årsmiddelverdiene og moderat vind på langs av Eikeren mot Fiskumvatnet medførte transport av vann gjennom sundet kun i vindretningen (ingen returstrøm). Mørke felt indikerer områder som er for grunne for det aktuelle dybdesjikt.



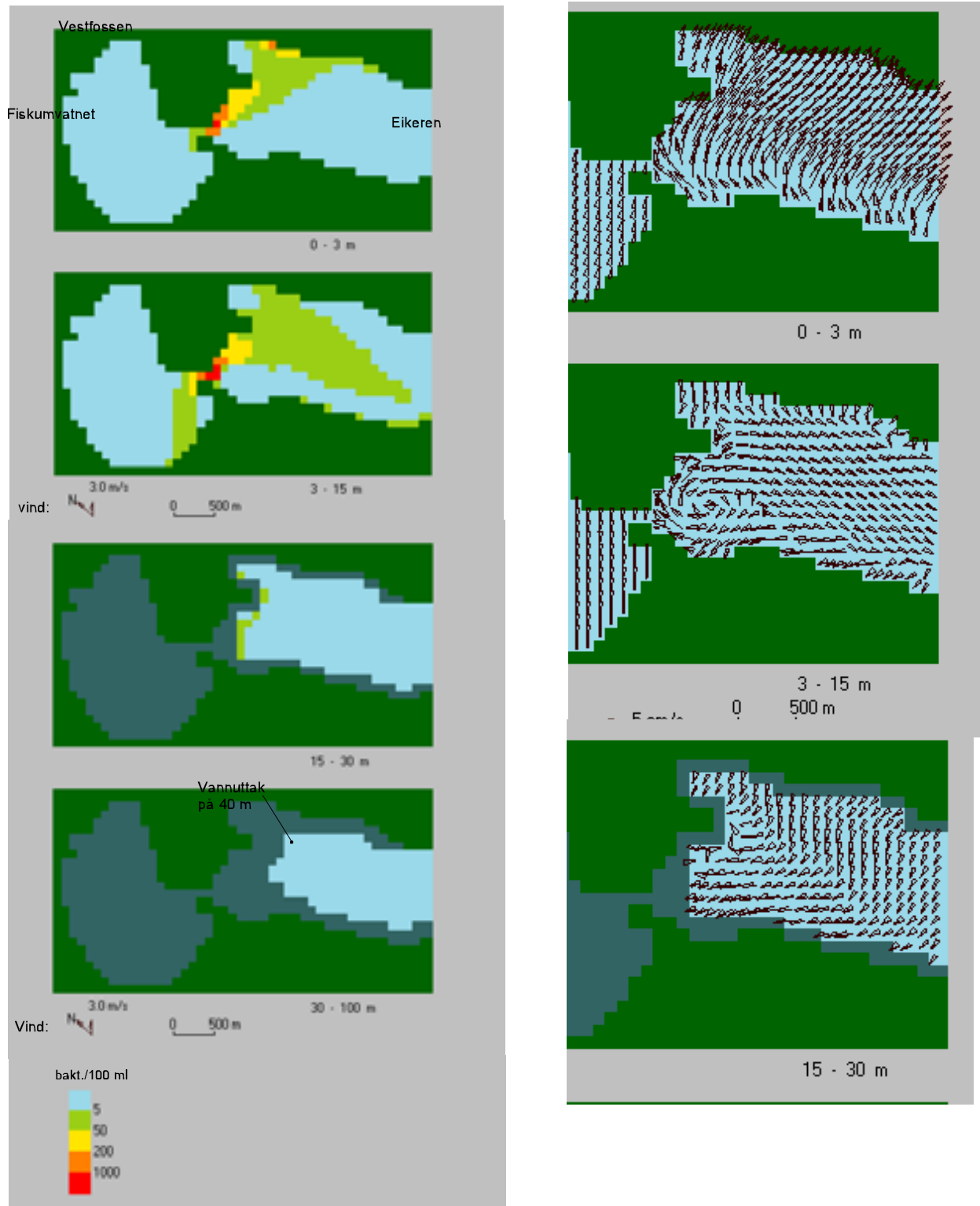
Figur 4.4 Vannføringer nær årsmiddelveiene og sterk vind på langs av Eikeren mot Fiskumvatnet medførte transport av overflatevann gjennom sundet i vindretningen og returstrøm dypere ned. Vannuttaket ble ikke påvirket av bakterier fra Fiskumvatnet. Mørke felt indikerer områder som er for grunne for det aktuelle dybdesjikt.



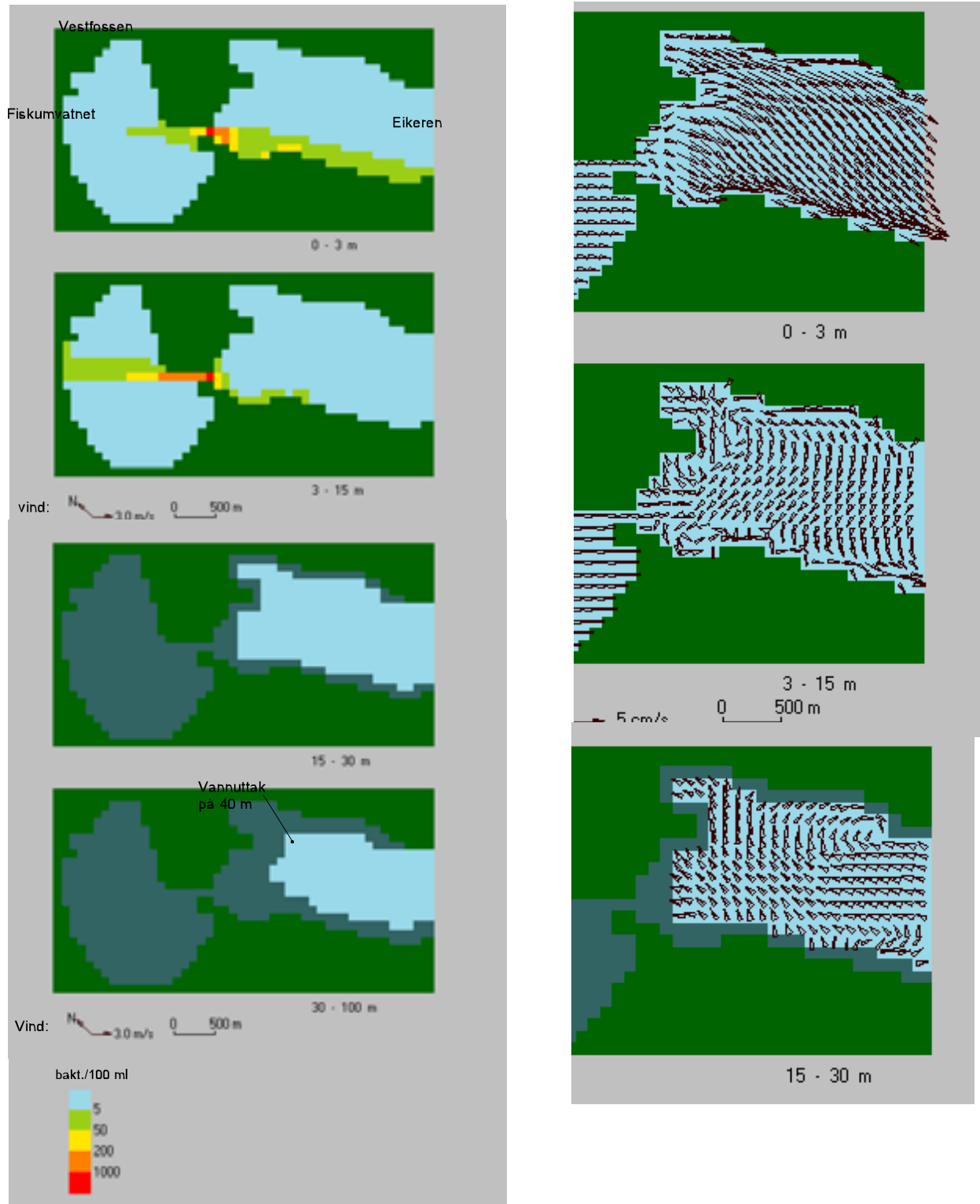
Figur 4.5 Vannføringer nær årsmiddelverdiene og moderat vind på langs av Eikeren fra Fiskumvatnet var ikke tilstrekkelig til å snu strømmen inn i Fiskumvatnet. Mørke felt indikerer områder som er for grunne for det aktuelle dybdesjikt.



Figur 4.6 Vannføringer nær årsmiddelverdiene og sterk vind på langs av Eikeren fra Fiskumvatnet medførte transport av overflatevann gjennom sundet i vindretningen og returstrøm dypere ned. Vannverksuttaket ble ikke påvirket av bakterier fra Fiskumvatnet. Mørke felt indikerer områder som er for grunne for det aktuelle dybdesjikt.

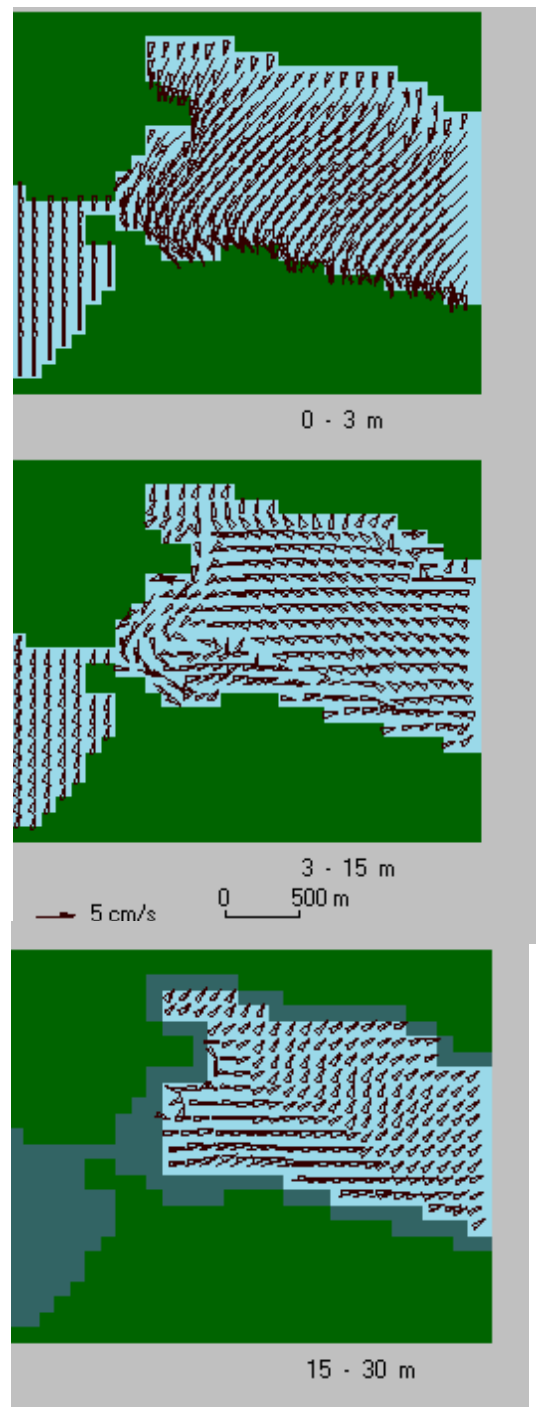
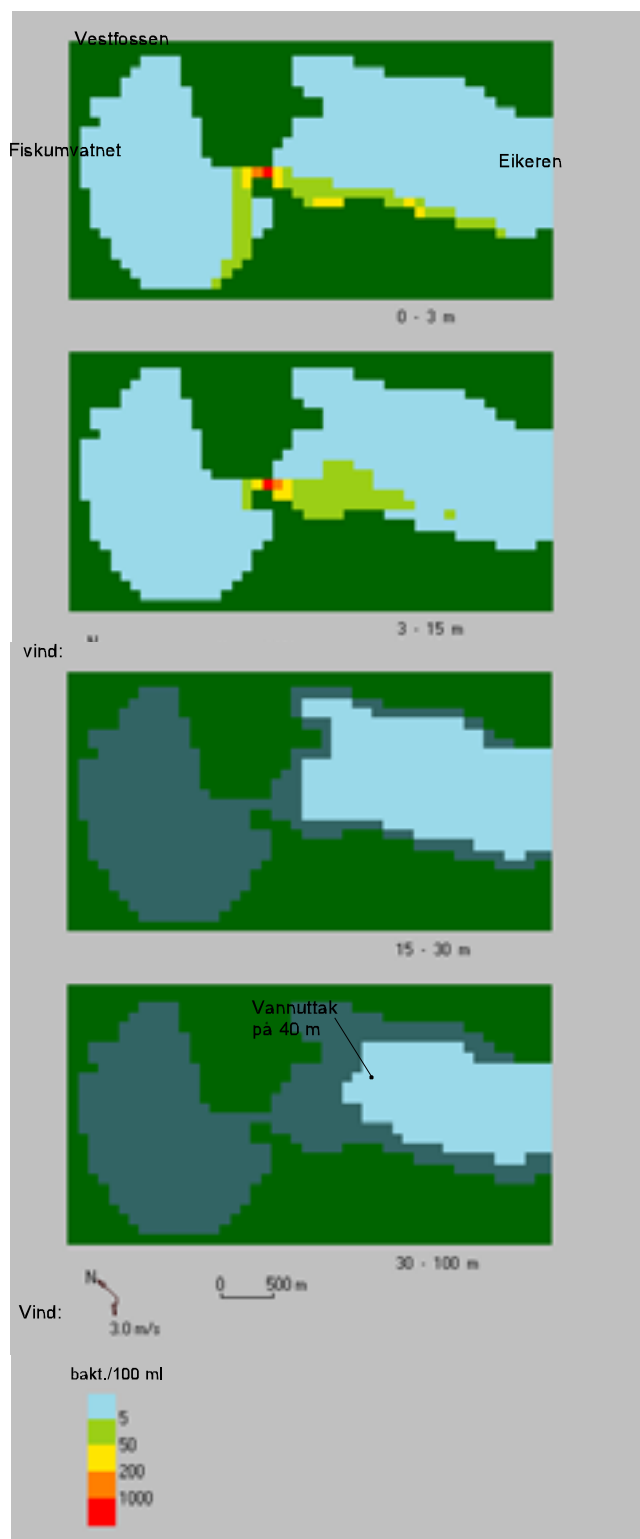


Figur 4.7 Ikke "elvedreven" strøm i sundet mellom innsjøene. Moderat vind på tvers av Eikeren mot Vestfossen (mot 50 gr.). Bakterier fra Fiskumvatnet ble spredt til overflatevannet ved vannverksuttaket i uten å forurense dette. Mørke felt indikerer områder som er for grunne for det aktuelle dybdesjikt.



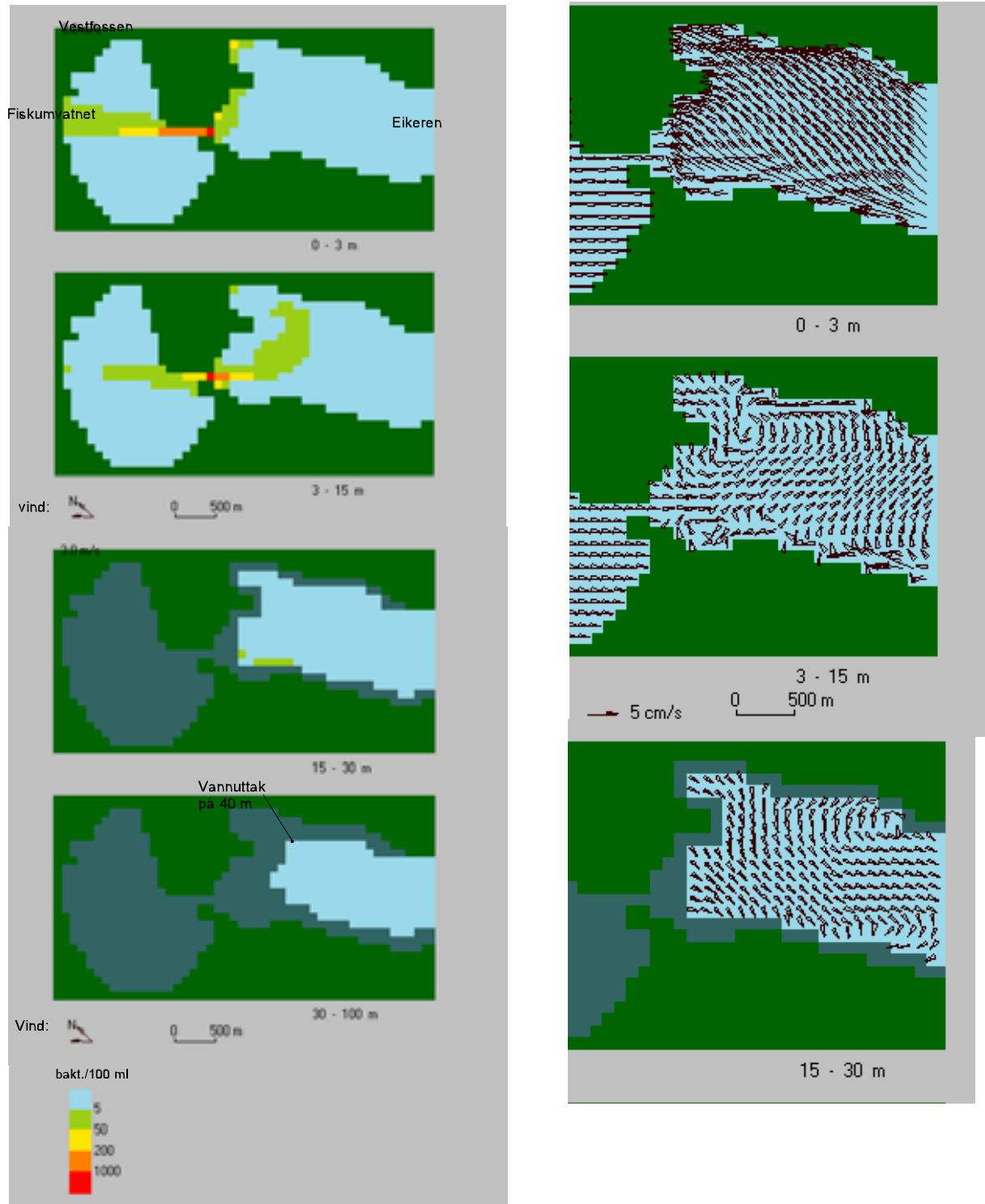
Figur 4.8 Ikke "elvedreven" strøm i sundet mellom innsjøene. Moderat vind på langs av Eikeren fra Fiskumvatnet (mot 140 gr.). Bakteriene ble spredt i overflatevannet langs bredden av Eikeren i sørvest. Vannverksuttaket ble ikke påvirket. Mørke felt indikerer områder som er for grunne for det aktuelle dybdesjikt.





Figur 4.9 Ikke "elvedreven" strøm i sundet mellom innsjøene. Moderat vind på tvers av Eikeren fra Vestfossen (mot 230 gr.). Bakteriene ble spredt i overflatevannet langs bredden av Eikeren i sørvest. Vannverksuttaket ble ikke påvirket. Mørke felt indikerer områder som er for grunne for det aktuelle dybdesjikt.





Figur 4.10 Ikke "elvedreven" strøm i sundet mellom innsjøene. Moderat vind på langs av Eikeren fra Fiskumvatnet (mot 320 gr.). Bakteriene ble spredt under overflaten (0-15 m) i retning mot vannverksuttaket uten å forurense dette. Mørke felt indikerer områder som er for grunne for det aktuelle dybdesjikt.

## 5. Litteratur

- Berge, D. 1980 Overvåking av Eikerenvassdraget. Resultater fra 1979. NIVA-rapport Lnr. 1198., 22 sider. Norsk institutt for vannforskning, Oslo.
- Berge, D. og P. Brettum 1999: Oppdaterende undersøkelse av Eikerenvassdraget 1997-98. NIVA-rapport Lnr. 4011-99., 86 sider. Norsk institutt for vannforskning, Oslo.
- Berge, D., 1987: Fosforbelastning og respons i grunne og middels grunne innsjøer. Hvordan man bestemmer akseptabelt trofinivå og akseptabel fosforbelastning i innsjøer med middeldyp 1.5-15 m. NIVA Rapport Lnr 2001, 44 sider. Norsk institutt for vannforskning, Oslo.
- Berge, D og Tjomsland, T. 1999. Eikeren som ny vannkilde for Vestfold. Økt tilbakerenning fra Fiskumvatn – betydning for vannkvalitet i Eikeren og for Øvre Eiker Vannverk. NIVA rapport 4147-99, 23 sider. Norsk institutt for vannforskning, Oslo.
- Bratli, J.L. 1995. Miljømål for vannforekomstene. Sammenhenger mellom utslipp og virkning. SFT rapport TA-1138/95., 50 sider. Norsk institutt for vannforskning, Oslo.
- Rognerud, S., D. Berge, og M. Johannessen 1979. Telemarksvassdraget - Hovedrapport fra undersøkelsene i perioden 1975-79. NIVA-rapport Lnr 1147., 82 sider. Norsk institutt for vannforskning, Oslo.
- SFT 1997. Veiledning. Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann, Statens forurensningstilsyn, Oslo
- Sælthun, N. R. 1999: Hydrologiske vurderinger i forbindelse med uttak av drikkevann fra Eikeren. NIVA-rapport Lnr. 4071-99, 17 sider. Norsk institutt for vannforskning, Oslo.
- Sælthun, N. R. 2002: Eikeren som ny drikkevannskilde for Vestfold og nedre Buskerud: Hydrologiske simuleringer og vurderinger. NIVA-rapport Lnr. 4508-2002, 60 sider. Norsk institutt for vannforskning, Oslo.
- Tjomsland, T. 1982. Strøm og spredningsstudier i Tyrifjorden, Rapport nr.2, løpenr. 1191, Norsk institutt for vannforskning, Oslo.